

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

**Attorney Docket No. 277/030**

In re patent application of

Woong KWON et al.

Group Art Unit: (Unassigned)

Serial No. (Unassigned)

Examiner: (Unassigned)

Filed: Concurrently

For: AMBULATORY ROBOT AND METHOD FOR CONTROLLING THE SAME

**CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA. 22313-1450

Sir:


The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of said original foreign application:

Korean Application No. 2003-5076, filed January 25, 2003.

Respectfully submitted,

January 26, 2004  
Date

  
Eugene M. Lee  
Reg. No. 32,039  
Richard A. Sterba  
Reg. No. 43,162

LEE & STERBA, P.C.  
1101 Wilson Boulevard Suite 2000  
Arlington, VA 20009  
Telephone: (703) 525-0978



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0005076  
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 01월 25일  
Date of Application  
JAN 25, 2003

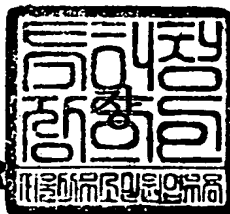
출원인 : 삼성전자주식회사  
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.



2003      년      05      월      26      일

특      허      청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2003.01.25
【발명의 명칭】	보행식 로봇 및 그 위치이동방법
【발명의 영문명칭】	Walking type robot and a moving method thereof
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	정홍식
【대리인코드】	9-1998-000543-3
【포괄위임등록번호】	2003-002208-1
【발명자】	
【성명의 국문표기】	권웅
【성명의 영문표기】	KWON, WOONG
【주민등록번호】	690310-1057817
【우편번호】	463-060
【주소】	경기도 성남시 분당구 이매동 128번지 이매촌 204동 1803호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이석한
【성명의 영문표기】	LEE, SUK HAN
【주소】	경기도 용인시 수지읍 풍덕천리 삼성5차아파트 517동 702호
【국적】	US
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 정홍식 (인)

**【수수료】**

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 9 면 9,000 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 12 항 493,000 원

【합계】 531,000 원

**【첨부서류】**

1. 요약서·명세서(도면)\_1통

**【요약서】****【요약】**

주행, 보행, 및 슬라이딩 중의 어느 하나에 의한 위치이동이 가능한 보행식 로봇이 개시된다. 본 발명에 따른 보행식 로봇은, 적어도 둘 이상의 다리로 이루어진 하체부 및 하체부의 상단에 설치된 상체부를 구비하며, 하체부의 운동에 의해 위치이동을 수행하는 이동식 로봇에 있어서, 바닥의 경사를 감지하는 경사감지부, 각각의 다리의 하단에 설치된 회전수단, 및 하체부 및 상체부를 이용한 전신운동을 제어하는 제어부를 포함한다. 여기서, 제어부는 경사감지부에 의해 감지된 바닥의 경사에 따라 회전수단의 회전속도를 조절하며, 조절된 회전속도에 따라 주행, 보행, 및 슬라이딩 중의 어느 하나에 의한 위치이동이 수행되도록 전신운동을 제어한다. 이로써, 보행식 로봇은 주변의 상황에 따라 최적의 위치이동방법을 선택적으로 수행할 수 있게 된다.

**【대표도】**

도 4

**【색인어】**

2족 보행식 로봇, 바퀴, 머리, 다리, 회전

## 【명세서】

## 【발명의 명칭】

보행식 로봇 및 그 위치이동방법{Walking type robot and a moving method thereof}

## 【도면의 간단한 설명】

도 1은 종래의 2족 보행식 로봇이 직립하고 있는 상태를 도시한 도면,  
 도 2는 도 1의 2족 보행식 로봇의 내부구조를 관절을 중심으로 도시한 도면,  
 도 3은 도 1의 2족 보행식 로봇에 적용된 선형 비간섭 다중질점 근사화 모델을 개략적으로 도시한 도면,  
 도 4는 본 발명에 따른 보행식 로봇의 일 예를 도시한 도면,  
 도 5는 도 4의 보행식 로봇의 내부구조를 관절을 중심으로 도시한 도면,  
 도 6은 도 4의 보행식 로봇의 발판에 설치된 경사감지센서의 일 예를 나타낸 도면,  
 도 7은 도 6의 발판에 설치된 감속부의 일 예를 나타낸 도면,  
 도 8은 도 4의 보행식 로봇에 의한 이동방법을 설명하기 위해 도시된 흐름도, 그리고  
 도 9는 도 4의 보행식 로봇의 주행에 의한 위치이동의 과정을 도시한 도면이다.

\* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 \*

110 : 머리부

130R, 130L : 우측팔 및 좌측팔

150 : 몸체부

170R, 170L : 우측다리 및 좌측다리

610R, 610L : 우측발판 및 좌측발판

611 : 액체저장공간

613 : 액체

615 : 공기

617 : 감속부

617a : 탄성부재

**【발명의 상세한 설명】****【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

<16> 본 발명은 이동식 로봇의 보행장치 및 그 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 바퀴형 보행 및 다리형 보행을 결합한 이동식 로봇의 보행장치 및 그 방법에 관한 것이다.

<17> 이동식 로봇의 가장 기본적인 주행장치는 4륜 바퀴를 이용한 것이다. 4륜 바퀴를 이용한 이동식 로봇은 70년대 이후 산업현장에서 많이 사용되어 왔으며, 최근 들어서는 청소용, 감시용, 이벤트용 서비스로봇 등에도 사용되고 있다. 4륜 바퀴형 이동식 로봇은 쓰러지지 않는 안정적인 주행을 할 수 있다는 장점이 있으나, 평탄한 면에서만 이동이 가능하고 계단, 문턱 등의 비평탄한 면을 통과할 수 없어 인간의 실생활에 널리 확장되어 사용되기 어렵다. 또한, 4륜 바퀴형 이동식 로봇은 모터를 이용한 주행방식이므로, 4륜 바퀴형 이동식 로봇의 하중을 견딜 수 있는 토크(torque)를 내기 위해서는 구동모터의 무게 및 부피가 증가된다는 문제점이 있다. 이러한 4륜 바퀴형 이동식 로봇의 단점을 보완하기 위해 2족 보행식 로봇 또는 그 이상의 다리를 가진 다족(보통 4족 또는 6족) 보행식 로봇이 개발되어 왔다. 특히, 2족 보행식 로봇의 일 예로 소니에서 개발된 휴머노이드 로봇이 있으며, 휴머노이드 로봇의 보행에 관한 제어방법은 일본 특개2001157973에 개시되어 있다.

- <18> 도 1은 종래의 2족 보행식 로봇이 직립하고 있는 상태를 도시한 도면이다. 도면을 참조하면, 2족 보행식 로봇은 보행을 행하는 좌우 2족의 다리, 몸체부, 좌우 팔, 머리부, 및 제어부를 구비한다.
- <19> 각각의 다리는 무릎관절, 발목, 및 발판을 구비하며, 다리관절에 의해 몸체부의 가장 하단부에 나란하게 연결되어 있다. 또한, 각각의 팔은 팔꿈치관절, 및 손목관절을 구비하며, 어깨관절에 의해 몸체부 상방의 좌측 및 우측의 측부 엣지(edge)에 연결되어 있다.
- <20> 제어부는 2족 보행식 로봇의 각각의 관절 작동기를 제어하는 관절제어부(도시하지 않음), 및 각각의 센서(도시하지 않음)로부터 수신된 신호에 대응되는 처리를 하는 신호처리제어부(도시하지 않음)를 포함한다.
- <21> 도 2는 도 1의 2족 보행식 로봇의 내부구조를 관절을 중심으로 도시한 도면이다. 도면을 참조하면, 2족 보행식 로봇은 머리부(110), 한 쌍의 팔부(130R, 130L)(우측을 R, 좌측을 L로 한다. 이하, 동일하다), 및 몸체부(150)를 포함한 상체와 보행 활동을 실행하기 위한 한 쌍의 다리부(170R, 170L)를 포함한 하체를 포함한다. 2족 보행식 로봇은 머리부(110)와 몸체부(150)의 연결부(인간의 목에 해당하는 부분)에 1개의 관절, 각각의 팔부(130R, 130L)에 각각 3개의 관절, 몸체부(150)와 하체의 연결부(인간의 허리에 해당하는 부분)에 1개의 관절, 및 각각의 다리부(170R, 170L)에 각각 3개의 관절을 포함한다. 여기서는 이해의 편의를 위해서 모든 관절은 전동모터로 표시하였다.
- <22> 2족 보행식 로봇은 머리부(110)와 몸체부(150)의 연결부에 목관절을 구비하며, 목관절은 피치(pitch)축(111), 롤(roll)축(113), 및 요우(yaw)축(115)을 구비한다.
- 여기서, 피치축은 머리부를 상하로 회전할 수 있도록 하며, 롤축은 머리부를 좌우로 회



전할 수 있도록 하고, 요우축은 머리부를 좌우로 요동할 수 있도록 한다. 즉, 목관절은 3개의 자유도로 구성된다.

<23> 또한, 2족 보행식 로봇은 각각의 팔부(130R, 130L)에 어깨관절, 팔꿈치관절, 및 손목관절을 구비한다. 여기서, 어깨관절은 팔부(130R, 130L)의 상하회전을 가능하도록 하는 피치축(131R, 131L), 팔부(130R, 130L)의 좌우회전을 가능하도록 하는 롤축(133R, 133L), 및 팔부(130R, 130L)의 전후요동을 가능하도록 하는 요우축(135R, 135L)을 구비한다. 또한, 팔꿈치관절은 팔꿈치하단의 상하회전을 가능하도록 하는 피치축(137R, 137L) 및 팔꿈치하단의 좌우요동을 가능하도록 하는 요우축(139R, 139L)을 구비한다. 또한, 손목관절은 손목의 상하회전을 가능하도록 하는 피치축(141R, 141L) 및 손목의 좌우회전을 가능하도록 하는 롤축(143R, 143L)을 구비한다. 즉, 각각의 팔부(130R, 130L)는 각각 7개의 자유도로 구성된다.

<24> 또한, 2족 보행식 로봇은 몸체부(150)와 하체의 연결부에 허리관절을 구비하며, 허리관절은 허리의 상하회전을 가능하도록 하는 피치축(151), 허리의 좌우회전을 가능하도록 하는 롤축(153), 및 허리의 좌우요동을 가능하도록 하는 요우축(155)으로 구성된다. 즉, 몸체부(150)는 3개의 자유도로 구성된다.

<25> 각각의 다리부(170R, 170L)는 각각 다리관절, 무릎관절, 및 발목관절을 구비한다. 다리관절은 다리의 상하회전을 가능하도록 하는 피치축(171R, 171L), 다리의 좌우회전을 가능하도록 하는 롤축(173R, 173L), 및 다리의 좌우요동을 가능하도록 하는 요우축(175R, 175L)으로 구성된다. 또한, 무릎관절은 무릎 하단을 상하회전 가능하도록 하는 피치축(177R, 177L)을 구비한다. 또한, 발목관절은 발목의 상하회전을 가능하도록 하는 피치축(179R, 179L), 발목의 좌우회전을 가능하도록 하는 롤축(181R, 181L), 및 발목의

좌우요동을 가능하도록 하는 요우축(183R, 183L)을 구비한다. 즉, 각각의 다리부(170R, 170L)는 7개의 자유도로 구성된다.

<26>      상기한 바와 같이, 2족 보행식 로봇은 전체로서 34개의 자유도( $3 + 7 \times 2 + 3 + 7 \times 2 = 34$ )로 구성된다. 그러나, 2족 보행식 로봇의 자유도는 34개에 한정되는 것은 아니며, 관절수를 적절하게 증감함으로써 전체의 자유도는 증감될 수 있다.

<27>      도 3은 도 1의 2족 보행식 로봇에 적용된 선형 비간섭 다중질점 근사화 모델을 개략적으로 도시한 도면이다. 도면을 참조하면, 0-XYZ 좌표는 절대좌표에서의 회전축, 피칭축, 및 편축을 도시한 것이며, 반면에 0'-X'Y'Z' 좌표는 2족 보행식 로봇과 함께 움직이는 움직임 좌표에서의 회전축, 피칭축, 및 편축을 도시한다. 도 2에 도시된 다중질점 모델의 경우에,  $i$ 는  $i$ 번째 질점을 나타낸다. 즉,  $m_i$ 는  $i$ 번째 질점의 질량을 나타내고,  $r'_i$ 는 이동좌표에서의  $i$ 번째 질점의 위치벡터를 나타낸다. 또한, 허리부의 질점의 질량은  $m_h$ 로 나타내고, 그 부위의 ZMP(Zero Moment Point)는  $r'_{ZMP}$ 로 나타낸다. 로봇은 기본적인 목표 보행패턴을 관절각이 추정하도록 로봇의 모터를 변위제어한다. 생성된 목표 보행패턴의 관성력과 중력의 합력을 목표 총관성력이라 부른다. 목표 총관성력의 모멘트가 연직 성분을 제거하여 0이 되는 점을 ZMP라 부른다. 로봇에는 바닥에서 작용하는 반력이 각각의 다리에 작용한다. 각각의 다리의 합력을 전상반력(全床反力)이라 부르며 전상반력의 모멘트가 연직 성분을 제거하여 0이 되는 바닥 위의 점을 전상반력중심점이라 부른다. 만약 로봇이 이상적인 보행하고 있는 경우라면 전상반력중심점은 ZMP와 일치한다.

<28>      일반적으로 2족 보행식 로봇은, 2족 보행식 로봇의 각각의 관절 또는 작동기가 설정된 움직임 패턴에 따라 작동함으로써 2족 보행식 로봇의 보행이 제어되도록 설계된다.

이때, 2족 보행식 로봇의 허리의 움직임 패턴은 다리 움직임 패턴, ZMP 궤도, 몸통 움직임 패턴, 양팔의 움직임 패턴, 및 임의로 선택된 다른 패턴에 기초하여 결정된다. 또한, ZMP는 2족 보행식 로봇이 보행할 때, 2족 보행식 로봇의 다리 중 하나의 발바닥이 어떠한 모멘트도 없이 바닥에 정확하게 안착되는 지점으로 간주된다.

<29> 비정밀 다중질점 근사화 모델의 경우, 모멘트의 방정식은 선형 방정식의 형태로 나타난다. 여기서, 각각의 질점  $m_i$ 은 질점  $r_i$ 에서의 중심 및 그 질량에 비례한 반경을 갖는 구(sphere)로 표현된다. 또한, 2족 보행식 로봇의 허리는 일정한 높이  $H(r'_{hz} + r_{qz} = \text{상수})$ 를 가지며, 무릎 각각의 질점 포인트는 제로로 간주한다.

<30> 2족 보행식 로봇이 움직일 때, 제어부(도 1참조)는 ZMP궤도, 몸통의 움직임, 양 팔의 움직임, 및 다리의 높이 및 자세를 포함한 성분들 각각의 움직임 상태를 결정하기 위하여 다리의 움직임 패턴, 양 팔의 움직임 패턴, 몸통의 움직임 패턴, 및 ZMP궤도 등을 선택한다. 여기서는 몸통의 움직임 패턴은 Z' 방향에 관련해서만 선택되고 X' 및 Y' 방향에 관련해서는 고려하지 않는 것으로 한다. 이때, 발, 몸통, 및 양팔의 움직임에 따라 생성되는 선택된 ZMP 상에서의 피칭축 주위의 모멘트 및 회전축 주위의 모멘트( $M_x$ ,  $M_y$ )는 선형 비간섭 다중질점 근사화모델에 의해 산출된다. 또한, 허리의 수평면 움직임( $r'_{hx}$ ,  $r'_{hy}$ )에 따라 생성된 선택된 ZMP 상에서의 모멘트는 또한 선형 비간섭 다중질점 근사화모델을 이용함으로써 산출된다. 이후, 선택된 ZMP 상에서이 모멘트용 밸런싱 공식은 2족 보행식 로봇과 함께 움직이는 움직임좌표 0'-X'Y'Z' 상에서 다음과 같은 선형 비간섭 ZMP식으로 유도된다.

<31>

$$\text{【수학식 1】} \quad +m_h H(\ddot{r}_{hx} + \ddot{r}_{qx} + g_x) - m_h g_z(r'_{hx} - r'_{zmp_x}) = -M_y(t)$$

<32>

$$-m_h H(\ddot{r}_{hy} + \ddot{r}_{qy} + g_y) - m_h g_z (r'_{hy} - r'_{zmp}) = -M_z(t)$$

<33> 이 경우, 다음의 식이 성립하는 것으로 간주한다. 즉,

<34>

【수학식 2】  $\ddot{r} = 0$

<35>

$$r'_{hx} + r'_{qx} = H(t)$$

<36>

$$H(t) = \text{const (시간에 관하여 일정)}$$

<37> 수학식 1에 기술된 ZMP 방정식에 의해, 허리부의 수평면내 궤도가 산출된다. 예컨대, 주지된 오일러법이나 룬게쿠타법 등의 수치해석법을 이용하여 ZMP 방정식을 풀어 미지 변수로서의 허리부(요부)의 수평 절대위치( $r'_{hx}$ ,  $r'_{hy}$ )의 수치해를 구할 수 있다. ZMP 목표 위치는 착상한 발바닥에 설정되는 것이 일반적이다. 여기서, 구해지는 근사해는 안정보행 가능한 요부운동 패턴을 규정하는 요부의 수평 절대위치의 근사해( $r'_{hx}$ ,  $r'_{hy}$ )이고, 보다 구체적으로는 ZMP의 목표 위치에 포함되도록 하는 요부 수평 절대위치이다. 이 경우, 요부운동의 근사해에 의해 생기는 설정 ZMP 상의 요축 모멘트(요부에 발생하는 요축 모멘트)  $M_{zh}$ 는 다음의 식에 의해 산출된다.

<38>

【수학식 3】 
$$M_{zh}(t) = -m_h(\ddot{r}'_{hx} + \ddot{r}_{qx} + g_x)(r'_h - r'_{zmp}) + m_h(\ddot{r}'_{hy} + \ddot{r}_{qy} + g_y)(r'_{hx} - r'_{zmp})$$

<39> 이어서, 선형 비간섭 다질점 근사화 모델을 이용하여 다리부 및 몸체부의 운동에 의해 발생하는 설정 ZMP 상에서의 요축의 회전 모멘트  $M_z$ 를 산출한다. 또한, 2족 보행식 로봇과 함께 움직이는 운동좌표계  $O'-X'Y'Z'$  상에서 설정 ZMP 상에서의 요축의 회전 모멘트  $M_z$ 에 관한 균형식을 도출한다. 즉, 다리부 및 몸체간의 운동에 의해 발생하는 요우축의 회전 모멘트  $M_z$ 와 요부 운동의 근사해에 의해 생기는 요우축 모멘트  $M_{zh}$ 을 기지 변수의

항으로서 우변에, 팔 질점의 운동에 의해 발생하는 요우축의 회전 모멘트  $M_{arm}$ 을 미지변수의 항으로서 좌변에 정리함으로써, 다음과 같은 선형 비간섭의 ZMP 방정식을 도출한다.

<40> 【수학식 4】  $M_{arm}(\Theta_{arm}, t) = -M_z(t) - M_{zh}(t)$

<41> 또한, 오일러법이나 룬게쿠타법 등의 수치적 해법을 이용하여 수학식 4과 같은 ZMP 방정식을 풀어 요우축 모멘트  $M_z$ 와  $M_{zh}$ 를 보상하여 안정 보행을 가능하게 하는데 필요한 팔운동 패턴을 산출한다. 수치적 해법에 의한 팔운동 패턴의 산출시에는 사전에 제공된 요우축 모멘트 보상용의 미지 변수를 적용한다.

<42> 상기와 같은 과정을 통해 2족 보행식 로봇의 안정보행을 제어하며, 2족 보행식 로봇에 대한 보다 상세한 제어방법은 일본 특개2001-157973, 일본 특개2001-138272, 일본 특개2002-210681 등에 개시되어 있다.

<43> 그런데, 종래의 기술에 따른 2족 보행식 로봇은 일반적인 바퀴형 로봇에 비하여 최고 보행속도가 떨어진다. 현재 대표적인 2족 보행식 로봇인 혼다의 아시모(Asimo)의 경우, 최고 보행속도는 시속 1.6 Km에 불과하므로, 다리형 보행 로봇의 속도를 높이기 위해 런닝(running) 로봇을 개발하기 위한 연구가 있어 왔다. 그러나, 현재의 액츄에이터(actuator)로는 런닝에 필요한 토크를 발생시키기 어려우며, 런닝에 필요한 토크를 발생시키기 위해서는 액츄에이터가 대형화되어야 한다는 문제점이 있다.

**【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】**

- <44> 본 발명은 상기의 문제점을 해결하기 위하여 창안된 것으로서, 액츄에이터를 대형화시킬 필요없이 주위의 환경에 따라 보행 및 런닝 동작을 수행하는 2족 보행식 로봇 및 그 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

**【발명의 구성 및 작용】**

- <45> 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 이동식 로봇은, 적어도 둘 이상의 다리로 이루어진 하체부 및 상기 하체부의 상단에 설치된 상체부를 구비하며, 상기 하체부의 운동에 의해 위치이동을 수행하는 이동식 로봇에 있어서, 바닥의 경사를 감지하는 경사감지부, 각각의 상기 다리의 하단에 설치된 회전수단, 및 상기 하체부 및 상기 상체부를 이용한 전신운동을 제어하는 제어부를 포함한다. 여기서, 상기 제어부는 상기 경사감지부에 의해 감지된 상기 바닥의 경사에 따라 상기 회전수단의 회전속도를 조절하며, 조절된 상기 회전속도에 따라 주행, 보행, 및 슬라이딩 중의 어느 하나에 의한 위치이동이 수행되도록 상기 전신운동을 제어한다.
- <46> 바람직하게는, 상기 이동식 로봇은, 회전되는 상기 회전수단의 회전속도를 감속시키는 감속부;를 더 포함하며, 상기 제어부는 상기 감속부를 제어하여 상기 회전수단의 회전속도를 조절한다.
- <47> 상기 제어부는 상기 경사감지부에 의해 감지된 상기 바닥의 경사가 제1 설정각도 이상인 경우에는 상기 회전속도가 0이 되도록 상기 감속부를 제어한다. 또한, 상기 제어부는 상기 경사감지부에 의해 감지된 상기 바닥의 경사가 상기 제1 설정각도보다 작고

제2 설정각도 이상인 경우에는 슬라이딩에 의한 위치이동이 수행되도록 상기 전신운동을 제어한다. 여기서, 상기 회전수단은 적어도 둘 이상의 바퀴를 포함한다.

<48> 한편, 본 발명에 따른 이동식 로봇은, 적어도 둘 이상의 다리로 이루어진 하체부 및 상기 하체부의 상단에 설치된 상체부를 구비하며 상기 하체부의 운동에 의해 위치이동을 수행하는 이동식 로봇의 이동방법에 있어서, 바닥의 경사를 감지하는 단계, 상기 경사감지단계에 의해 감지된 상기 바닥의 경사에 따라 각각의 상기 다리의 하단에 설치된 회전수단의 회전속도를 조절하는 단계, 및 조절된 상기 회전속도에 따라 주행, 보행, 및 슬라이딩 중의 어느 하나에 의한 위치이동이 수행되도록 상기 상체부 및 상기 하체부를 이용한 전신운동을 제어하는 단계를 포함하는 이동방법을 제공한다.

<49> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세하게 설명한다.

<50> 도 4는 본 발명에 따른 보행식 로봇의 일 예를 도시한 도면이다. 여기서, 보행식 로봇은 2족을 구비한 2족 보행식 로봇을 예로서 설명한다. 도면을 참조하면, 보행식 로봇은 보행을 행하는 좌우 2족의 다리, 몸체부, 좌우 팔, 머리부, 및 제어부를 구비한다.

<51> 각각의 다리는 무릎관절, 발목, 및 발판을 구비하며, 다리관절에 의해 몸체부의 가장 하단부에 나란하게 연결되어 있다. 또한, 각각의 팔은 팔꿈치관절, 및 손목관절을 구비하며, 어깨관절에 의해 몸체부 상방의 좌측 및 우측의 측부 엣지(edge)에 연결되어 있다.

<52> 각각의 다리에 구비된 발판의 하단에는 회전수단으로서 바퀴가 설치되어 있다. 발판의 하단에 설치된 바퀴는 지면과의 마찰력을 높일 수 있도록 탄성부재로 구현되는 것이 바람직하다. 본 실시예에서의 회전수단은 바퀴에 의해 구현되는 것으로

도시하였지만, 회전수단은 바퀴에 한정된 것은 아니다. 즉, 회전수단은 캐터필러(caterpillar : 무한 궤도장치)형으로 구현될 수도 있다. 또한, 도면에는 바퀴의 갯수를 4각에 배치된 4개로 도시하였으나, 이에 한정된 것은 아니며 일렬로 배치되거나 3각에 배치된 3개 등으로 변형될 수도 있다.

<53> 제어부는 2족 보행식 로봇의 각각의 관절 작동기를 제어하는 관절제어부(도시하지 않음), 및 각각의 센서(도시하지 않음)로부터 수신된 신호에 대응되는 처리를 하는 신호처리제어부(도시하지 않음)를 포함한다.

<54> 도 5는 도 4의 이동식 로봇의 내부구조를 관절을 중심으로 도시한 도면이다. 여기서, 각각의 관절의 명칭은 도 2에 도시된 각각의 관절과 동일하므로, 도 2의 각각의 관절과 동일한 명칭, 및 동일한 부재번호를 부여하였다. 도면을 참조하면, 2족 보행식 로봇은 머리부(110), 한 쌍의 팔부(130R, 130L)(우측을 R, 좌측을 L로 한다. 이하, 동일하다), 및 몸체부(150)를 포함한 상체와 보행 활동을 실행하기 위한 한 쌍의 다리부(170R; 170L)를 포함한 하체를 포함한다. 2족 보행식 로봇은 머리부(110)와 몸체부(150)의 연결부(인간의 목에 해당하는 부분)에 1개의 관절, 각각의 팔부(130R, 130L)에 각각 3개의 관절, 몸체부(150)와 하체의 연결부(인간의 허리에 해당하는 부분)에 1개의 관절, 및 각각의 다리부(170R, 170L)에 각각 3개의 관절을 포함한다. 보행식 로봇에 구비된 자유도의 갯수는 도 2와 동일하며, 각각의 자유도를 이용한 상체부 및 하체부의 전신운동 제어 방법은 종래의 기술과 동일하므로 그 설명을 생략한다.

<55> 도 6은 도 4의 보행식 로봇의 발판에 설치된 경사감지센서의 일 예를 나타낸 도면이다. 도면을 참조하면, 보행식 로봇의 발판(616R, 610L) 내측에는 소정량의 액체를 저장할 수 있는 액체저장공간(611)이 구비되며, 액체저장공간(611)에는 일정



량의 액체(613)가 저장된다. 이 경우, 액체저장공간(611)에 저장되는 액체는 액체저장공간(611)에 일정량의 공기와 함께 채워진다. 또한, 액체저장공간(611)의 내면벽은 바닥의 경사에 따라 변화되는 액체와 공기의 계면을 감지하며, 감지된 계면에 의해 바닥의 경사각도를 측정할 수 있도록 구현된다. 따라서, 액체저장공간(611)에 저장되는 액체는 유동성이 좋은 물로 설정되는 것이 바람직하다. 여기서 경사감지센서는 액체형 경사감지센서의 형태로 도시하였지만, 경사감지센서는 이에 한정된 것은 아니며, 진자(pendulum)형 경사감지센서, 저울형 경사감지센서, 반사되는 전파에 의한 전자식 경사감지센서 등으로 구현될 수도 있다.

<56> 또한, 보행식 로봇의 발판(616R,610L) 하단에는 바퀴의 회전속도를 감속시키기 위한 감속부(617)가 설치된다. 바퀴의 회전속도를 감속시키는 감속부(617)의 일 예를 도 7에 도시하였다. 도면은 발판의 정면에서 바라본 감속부(617)의 형태를 나타낸다.

<57> 도면을 참조하면, 보행식 로봇의 발판(616R,610L) 하단에는 4각의 각각에 바퀴(190)가 회전축을 중심으로 회전가능하도록 회전지지대(619)에 지지되어 있다. 또한, 바퀴(190)의 양측 옆면에는 감속부(617)가 설치되며, 각각의 감속부(617)의 일단에는 탄성부재(617a)가 배치되어 있다. 도면에는 감속부(617)가 보행식 로봇의 발판(616R,610L) 하단의 4각에 설치된 각각의 바퀴(190) 양측면에 설치된 것으로 도시하였지만, 이에 한정된 것은 아니며 후방의 양측 바퀴(190)에만 설치될 수도 있다.

<58> 도 8은 도 4의 보행식 로봇에 의한 이동방법을 설명하기 위해 도시된 흐름도이다. 보행식 로봇은 경사감지센서를 통하여 위치이동되는 장소의 경사를 감지한다(S801). 예컨대, 도 6에 도시된 바와 같이 액체형 경사감지센서에 의한 경우, 액체저장공간(611)의

내측면에 의해 감지된 액체와 공기의 계면과, 액체저장공간(611)의 측면 사이의 각도는 보행식 로봇의 위치이동되는 장소의 경사와 일치한다. 액체형 경사감지센서에 의해 감지된 경사각도는 제어부로 전송되며, 제어부는 경사감지센서에 의해 감지된 경사각도가 제1 설정각도 이상인지를 판단한다(S803). 감지된 경사각도가 제1 설정각도 이상이면, 제어부는 감속부(617)를 제어하여 바퀴(190)의 회전속도가 0이 되도록 한다(S805). 감속부(617)는 제어부의 제어에 따라 바퀴(190)의 회전속도를 감속시킨다. 즉, 감속부(617)는 도 7에 도시된 바와 같이, 바퀴(190)의 양측면에서 바퀴(190)에 압박을 가할 수 있도록 구성되며, 제어부의 제어에 의해 바퀴(190)와 맞닿게 되는 일단에는 탄성부재(617a)가 배치된다. 바퀴(190)의 회전속도가 0이 되도록 제어부에 의해 지시되면, 감속부(617)는 설정된 최대의 힘을 가하여 바퀴(190)를 압박하여 회전속도를 0으로 감속시킨다. 이 경우, 제어부에 의한 보행식 로봇의 전신운동제어에 의해 이동된 다리의 발판이 지면에 닿는 순간, 그 바닥의 경사각도에 따른 감속부(617)의 제어가 이루어지도록 구현되는 것이 바람직하며, 바닥의 경사각도에 따른 감속부(617)의 실시간적인 제어를 위해 바퀴(190)의 회전속도 제어는 별도의 제어부에 의해 이루어지도록 구현될 수도 있다. 바퀴(190)의 회전속도가 0이 되면, 제어부는 보행에 의한 위치이동이 수행되도록 보행식 로봇의 전신운동을 제어한다(S807). 이 경우, 보행식 로봇의 제어부는 종래의 기술에 따른 ZMP 계산방법에 따라 ZMP를 계산하며, 계산된 ZMP 방정식에 따라 전신운동을 제어한다.

<59> 경사감지센서에 의해 감지된 경사각도가 제1 설정각도보다 작고 제2 설정각도 이상이면(S809), 제어부는 보행식 로봇의 무게와 감지된 경사각도에 기초하여 경사면으로 미끌어지는 보행식 로봇의 무게중심이 일정하도록 바퀴(190)의 회전속도를 제어한다(S811). 즉, 보행식 로봇의 무게가  $M$ 이고, 경사각도가  $\theta$ 라고 하면, 보행식 로봇이 다른

전신운동을 수행함이 없이 경사면을 따라 미끌어질때의 가속도는  $g \cdot \sin\theta$ 가 된다. 따라서, 일정 시간  $t$  동안의 속도  $v$ 는  $Mg \cdot \sin\theta$ 가 된다. 이때, 보행식 로봇의 무게중심은 바퀴(190)에 의한 경사면에서의 이동속도  $v$ 와 동일한 속도로 경사면과 평행하게 이동되어야 한다. 만일, 보행식 로봇의 무게중심을 중심으로 하는 회전모멘트  $I$ 가 증가되면, 보행식 로봇의 무게중심은 경사면의 후측 방향으로 이동되어야 하며, 이 경우 보행식 로봇은 중심을 잃고 넘어지는 경우가 발생할 수 있다. 따라서, 제어부는 감지된 경사각의 각도가 제1 설정각도보다 작고 제2 설정각도 이상인 경우는 무게중심이 일정하게 제어할 수 있는 범위라고 판단하고, 감속부(617)를 제어하여 바퀴(190)의 회전속도가 증가되지 않도록 조절한다. 감속부(617)는 제어부의 제어에 의해 바퀴(190)에 압박되는 힘을 조절하여 바퀴(190)의 회전속도를 일정하게 유지시킨다. 바퀴(190)의 회전속도가 일정하게 유지되면, 제어부는 상체부와 하체부를 이용하여 무게중심의 이동방향이 일정하게 유지되도록 자세를 취하며, 경사면을 따라 미끌어지는 동안은 취해진 자세가 흐트러지지 않도록 안정된 자세를 유지하여 경사면을 따라 슬라이딩에 의한 위치이동이 수행되도록 한다(S813).

<60> 감지된 경사각도가 제2 설정각도보다 작으면, 제어부는 주행에 의한 위치이동이 수행되도록 보행식 로봇의 전신운동을 제어한다(S815). 도 9에 보행식 로봇의 주행에 의한 위치이동의 과정을 좌측으로부터 우측으로 순차적으로 도시하였다.

<61> 예컨대, 왼쪽 다리가 지면에 닿아있고, 오른쪽 다리가 지면으로부터 들어올려져 있는 상태로부터의 과정을 살펴보면, 이동되는 보행식 로봇의 ZMP는 왼쪽 다리의 발판에 있게 된다. 보행식 로봇의 제어부는 오른쪽 다리를 전방으로 이동시키기 위해 동력학을 이용한 전신운동을 제어하며, 오른쪽 다리가 전방으로 이동되는 과정에서 왼쪽 다리는

후방으로 반작용력을 발생시킨다. 발생된 반작용력은 바퀴(190)와 지면과의 마찰에 의해 바퀴(190)를 전방으로 회전운동시킨다. 바퀴(190)의 회전운동에 의해 보행식 로봇은 전방으로 주행하게 되며, 보행식 로봇의 전방으로 주행되는 이동속도는 지면에 닿아있는 다리의 반대쪽 다리가 전방으로 이동되는 속도에 따라 달라진다. 이러한 과정에서 보행식 로봇의 제어부는 이동되는 ZMP의 궤적을 보정하며, 보정된 ZMP의 위치에 따라 보행식 로봇의 각각의 질점에 의한 전체 동력학을 고려하여 각각의 관절에 지시값을 전달한다. 이러한 ZMP 궤적의 보정 및 그에 따른 관절제어는 상술한 보행에 의한 위치이동의 경우에도 동일하게 적용된다. 각각의 질점에 근거하여 산출된 ZMP의 근사화 모델은 다음과 같다.

&lt;62&gt;

$$X_{ZMP} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i (z''_i + g_z) x_i - \sum_{i=1}^N m_i x''_i z_i + \sum_{i=1}^N I_{iy} \Omega''_{iy}}{\sum_{i=1}^N m_i (z''_i + g_z)}$$

【수학식 5】

&lt;63&gt;

$$Y_{ZMP} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i (z''_i + g_z) y_i - \sum_{i=1}^N m_i y''_i z_i + \sum_{i=1}^N I_{ix} \Omega''_{ix}}{\sum_{i=1}^N m_i (z''_i + g_z)}$$

&lt;64&gt;

여기서, N은 질점의 갯수이며,  $m_i$ 는 i번째 질점의 질량,  $z''_i$ 는 i번째 질점의 z방향의 가속도,  $g_z$ 는 z방향의 중력가속도,  $x_i$ 는 i번째 질점의 x방향 위치벡터,  $x''_i$ 는 i번째 질점의 x방향 가속도,  $y_i$ 는 i번째 질점의 y방향 위치벡터,  $y''_i$ 는 i번째 질점의 y방향 가속도,  $z_i$ 는 i번째 질점의 z방향 위치벡터,  $I_{iy}$ 는 i번째 질점의 y방향 관성모멘트,  $I_{ix}$ 는 i번째 질점의 x방향 관성모멘트,  $\Omega''_{ix}$ 는 i번째 질점의 x방향 각가속도, 그리고  $\Omega''_{iy}$ 는 i번째 질점의 y방향 각가속도이다.

<65>       상기와 같은 보행식 로봇의 주행, 보행, 및 슬라이딩의 동작은 패턴화된 기본 동작에 의해 수행된다. 패턴화된 동작은 동작패턴별로 알고리즘화되어 메모리(도시되지 않음)에 저장되며, 보행식 로봇의 제어부는 경사감지센서에 의해 감지된 경사각도에 따라 메모리로부터 적절한 동작패턴을 독출하여 전신운동제어를 수행한다.

**【발명의 효과】**

<66>       본 발명에 따른 보행식 로봇은, 위치이동이 수행되는 주변의 환경 즉, 위치이동되는 장소의 바닥의 경사에 따라 적절한 전신운동을 제어하며, 보다 빠른 위치이동을 수행할 수 있게 된다. 또한, 본 발명에 따른 보행식 로봇은 종래의 2족 보행식 로봇에 비해 훨씬 빠른 고속의 주행을 할 수 있게 된다. 또한, 바퀴를 이용한 위치이동을 수행하기 때문에 종래의 2족 보행식 로봇에 비하여 이동거리당 소비되는 에너지를 절감시킬 수 있게 된다.

<67>       이상에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대해서 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 상술한 특정의 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 범위 내에 있게 된다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

적어도 둘 이상의 다리로 이루어진 하체부 및 상기 하체부의 상단에 설치된 상체부를 구비하며, 상기 하체부의 운동에 의해 위치이동을 수행하는 이동식 로봇에 있어서,  
바닥의 경사를 감지하는 경사감지부;  
각각의 상기 다리의 하단에 설치된 회전수단; 및  
상기 하체부 및 상기 상체부를 이용한 전신운동을 제어하는 제어부;를 포함하며,  
상기 제어부는 상기 경사감지부에 의해 감지된 상기 바닥의 경사에 따라 상기 회전수단의 회전속도를 조절하며, 조절된 상기 회전속도에 따라 주행, 보행, 및 슬라이딩 중의 어느 하나에 의한 위치이동이 수행되도록 상기 전신운동을 제어하는 것을 특징으로 하는 보행식 로봇.

**【청구항 2】**

제 1항에 있어서,  
회전되는 상기 회전수단의 회전속도를 감속시키는 감속부;를 더 포함하며,  
상기 제어부는 상기 감속부를 제어하여 상기 회전수단의 회전속도를 조절하는 것을 특징으로 하는 보행식 로봇.

**【청구항 3】**

제 2항에 있어서,

상기 제어부는 상기 경사감지부에 의해 감지된 상기 바닥의 경사가 제1 설정각도 이상인 경우에는 상기 회전속도가 0이 되도록 상기 감속부를 제어하는 것을 특징으로 하는 보행식 로봇.

**【청구항 4】**

제 3항에 있어서,

상기 회전속도가 0인 경우, 상기 제어부는 보행에 의한 상기 위치이동이 수행되도록 상기 전신운동을 제어하는 것을 특징으로 하는 보행식 로봇.

**【청구항 5】**

제 3항에 있어서,

상기 제어부는 상기 경사감지부에 의해 감지된 상기 바닥의 경사가 상기 제1 설정각도보다 작고 제2 설정각도 이상인 경우에는 슬라이딩에 의한 위치이동이 수행되도록 상기 전신운동을 제어하는 것을 특징으로 하는 보행식 로봇.

**【청구항 6】**

제 3항에 있어서,

상기 회전수단은 적어도 둘 이상의 바퀴를 포함하는 것을 특징으로 하는 보행식 로봇.

**【청구항 7】**

적어도 둘 이상의 다리로 이루어진 하체부 및 상기 하체부의 상단에 설치된 상체부를 구비하며, 상기 하체부의 운동에 의해 위치이동을 수행하는 보행식 로봇의 이동방법에 있어서,

바닥의 경사를 감지하는 단계;

상기 경사감지단계에 의해 감지된 상기 바닥의 경사에 따라 각각의 상기 다리의 하단에 설치된 회전수단의 회전속도를 조절하는 단계; 및

조절된 상기 회전속도에 따라 주행, 보행, 및 슬라이딩 중의 어느 하나에 의한 위치이동이 수행되도록 상기 상체부 및 상기 하체부를 이용한 전신운동을 제어하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 보행식 로봇의 이동방법.

#### 【청구항 8】

제 7항에 있어서,

상기 회전속도 조절단계는 회전되는 상기 회전수단의 회전속도를 감속시키는 것을 특징으로 하는 보행식 로봇의 이동방법.

#### 【청구항 9】

제 8항에 있어서,

상기 경사감지단계에 의해 감지된 상기 바닥의 경사가 제1 설정각도 이상인 경우, 상기 회전속도 조절단계는 상기 회전속도를 0이 되도록 제어하는 것을 특징으로 하는 보행식 로봇의 이동방법.

#### 【청구항 10】

제 9항에 있어서,

상기 회전속도가 0으로 조절되면, 상기 제어단계는 보행에 의한 상기 위치이동이 수행되도록 상기 전신운동을 제어하는 것을 특징으로 하는 보행식 로봇의 이동방법.



**【청구항 11】**

제 9항에 있어서,

상기 경사감지부에 의해 감지된 상기 바닥의 경사가 상기 제1 설정각도보다 작고 제2 설정각도 이상인 경우, 상기 제어단계는 슬라이딩에 의한 위치이동이 수행되도록 상기 전신운동을 제어하는 것을 특징으로 하는 보행식 로봇의 이동방법.

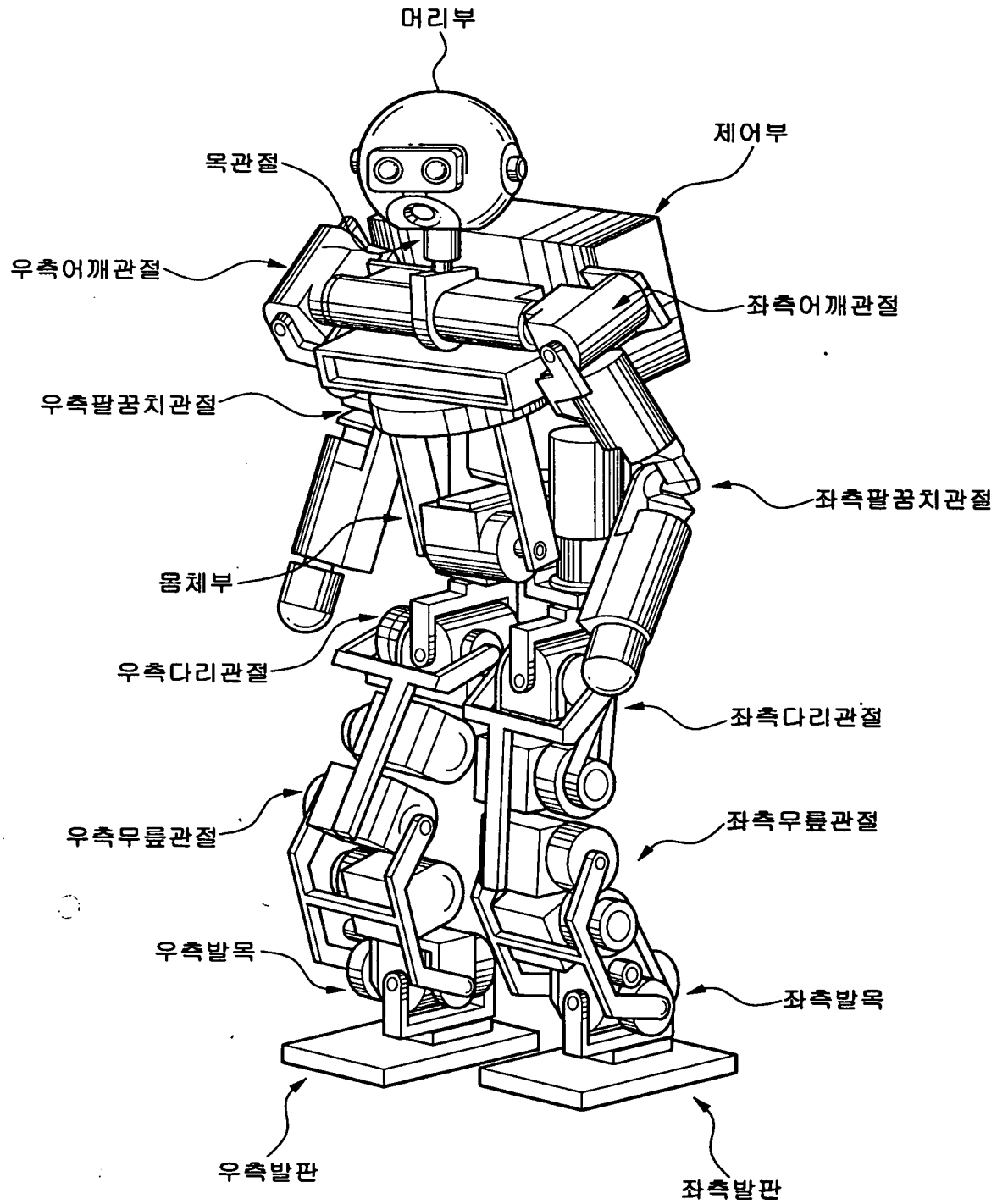
**【청구항 12】**

제 9항에 있어서,

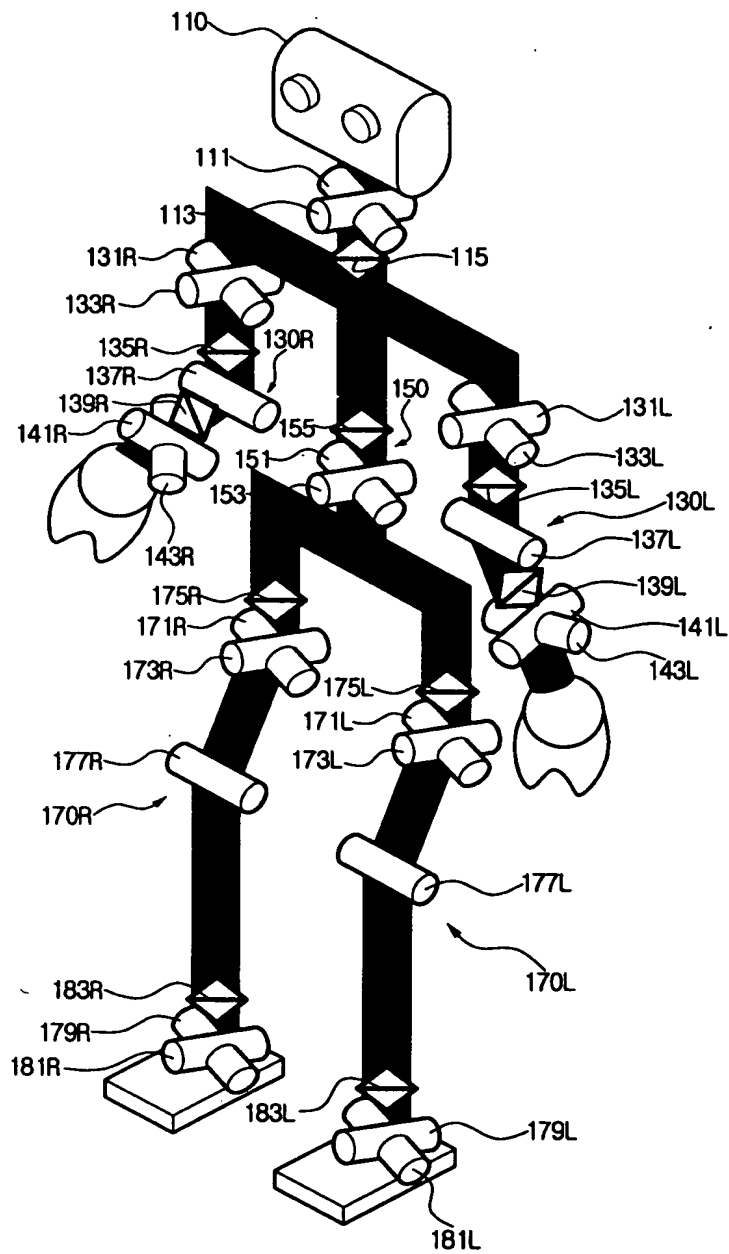
상기 회전수단은 적어도 둘 이상의 바퀴를 포함하는 것을 특징으로 하는 보행식 로봇의 이동방법.

## 【도면】

【도 1】

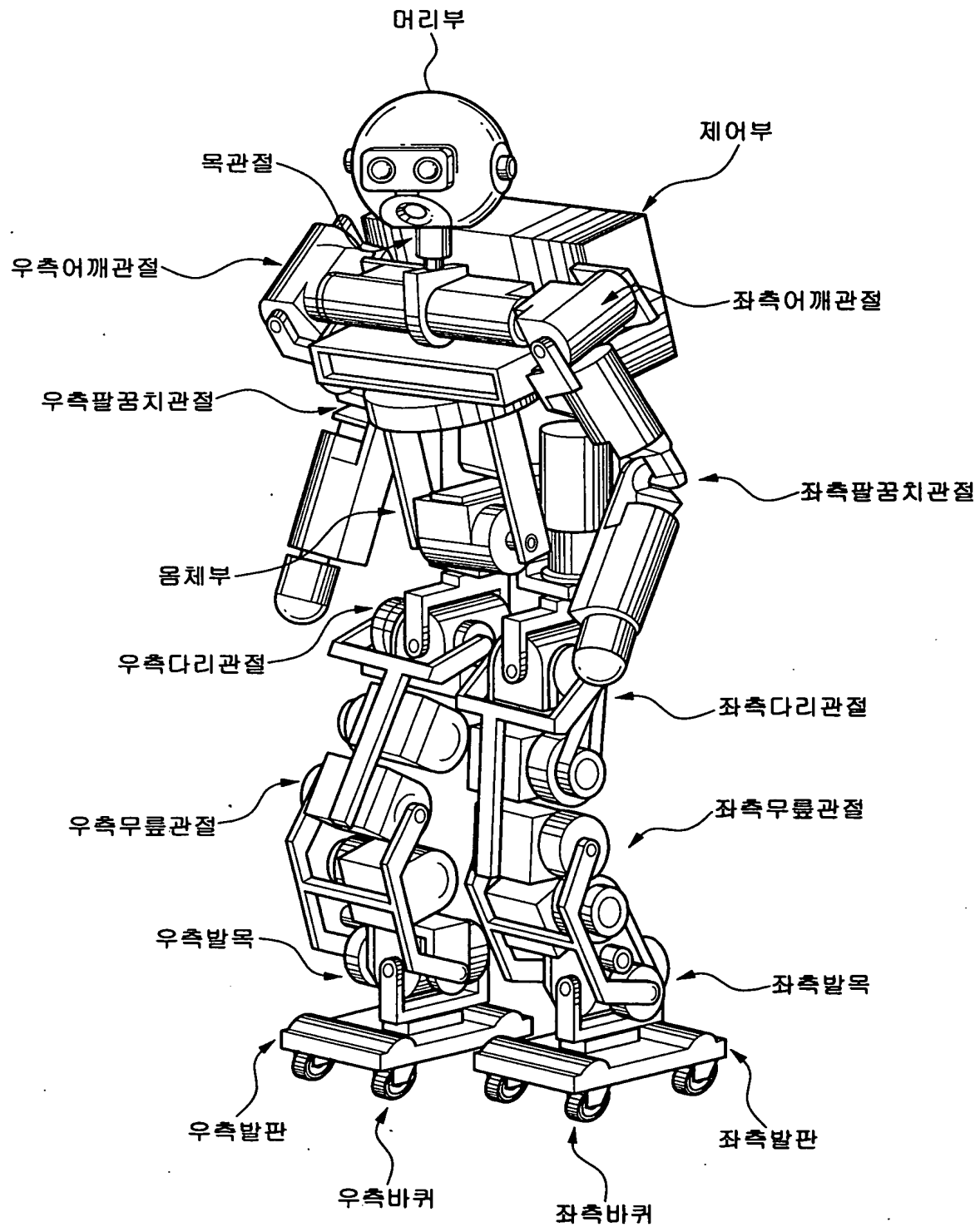


【도 2】

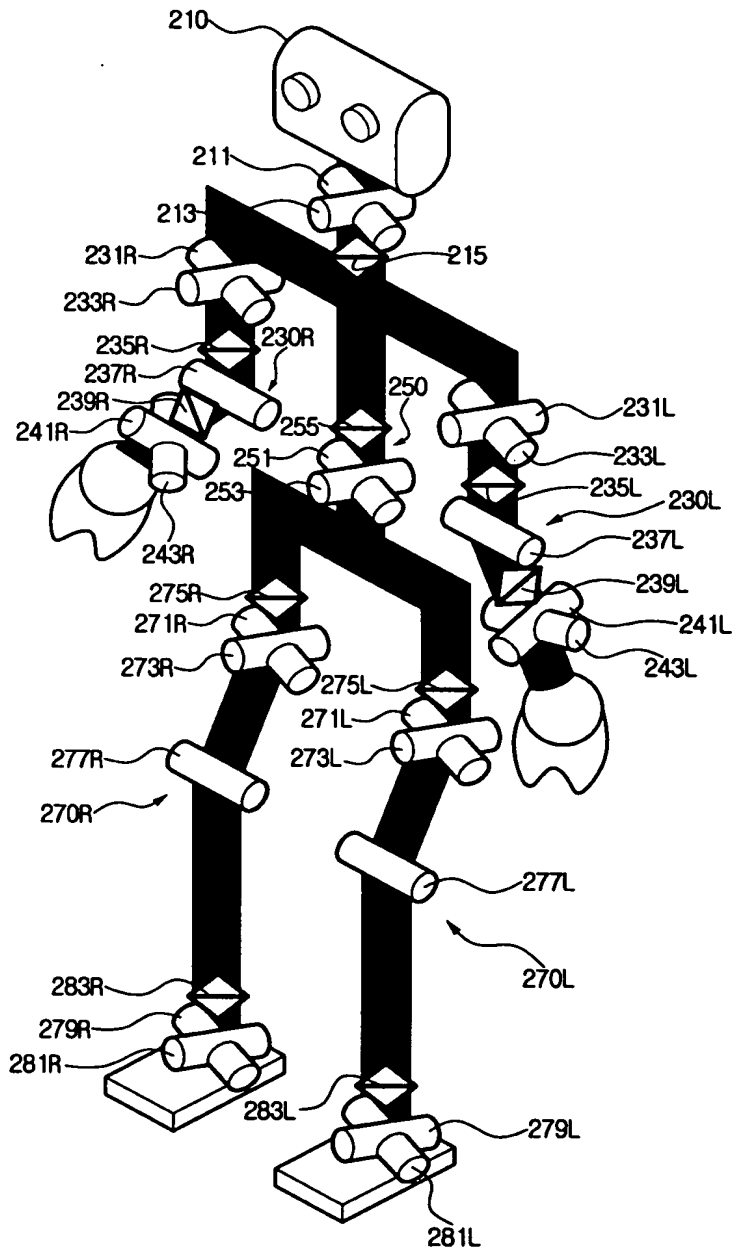




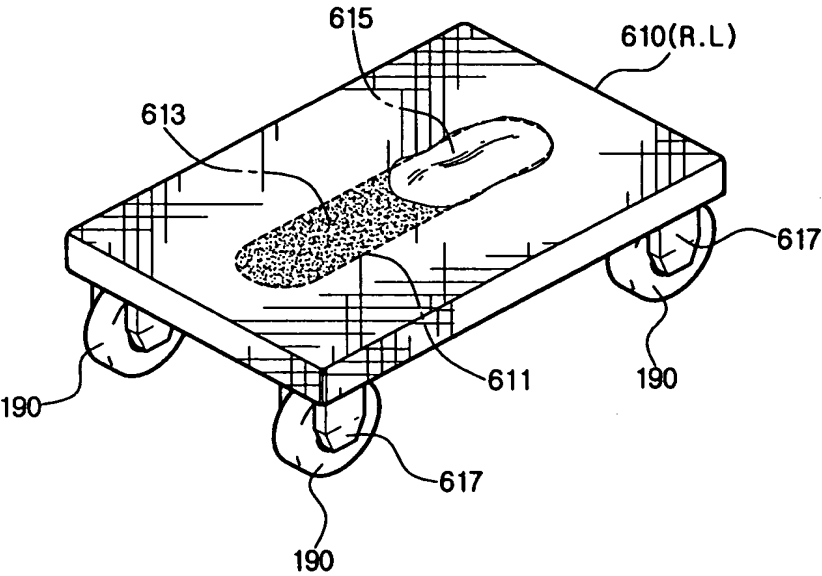
【도 4】



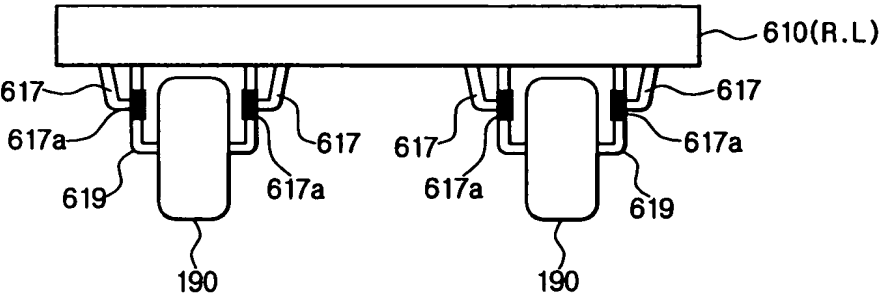
【도 5】



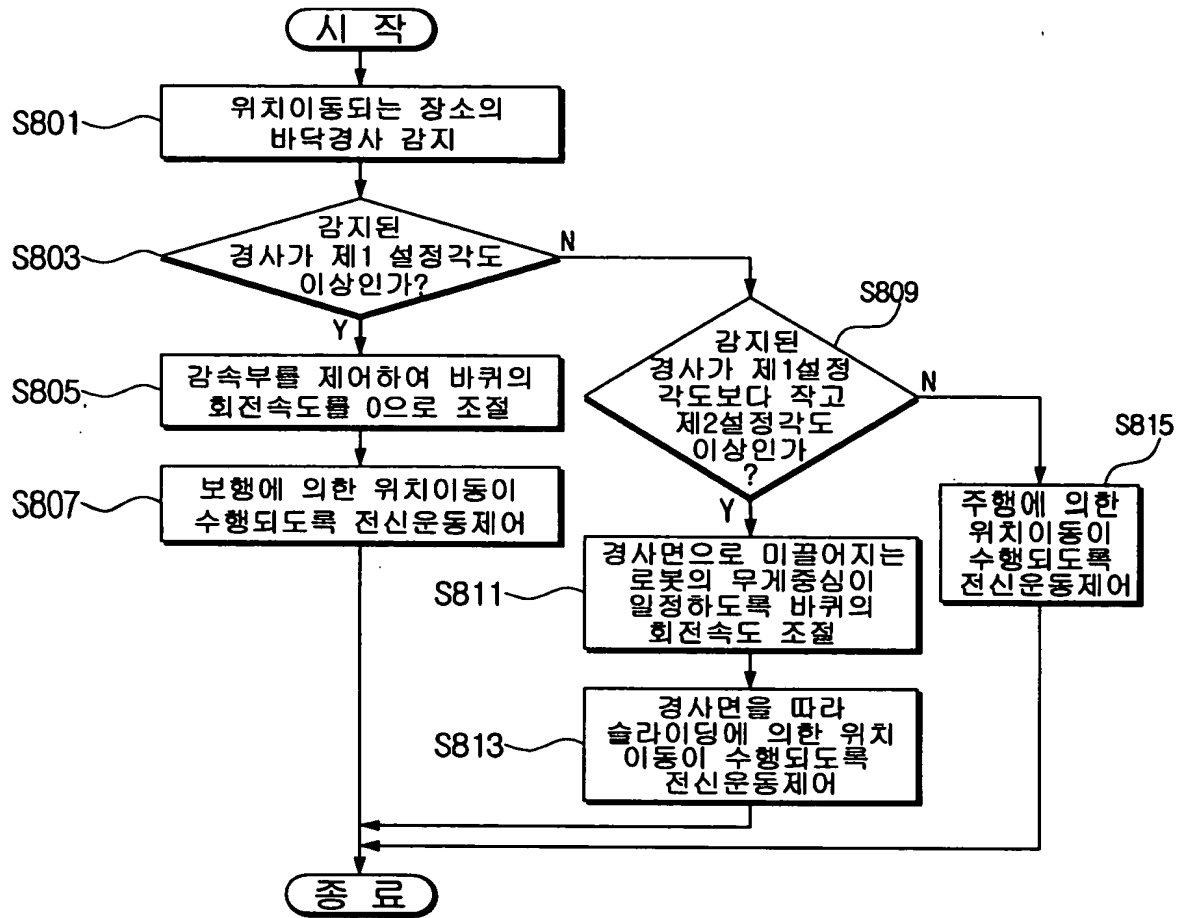
【도 6】



【도 7】



【도 8】



【도 9】

